

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. August 2005 (18.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/075141 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B23K 26/24**,
26/32, 26/42, B21B 1/22

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/000766

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Januar 2005 (27.01.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 005 358.8 3. Februar 2004 (03.02.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **DAIMLERCHRYSLER AG** [DE/DE]; Epplestrasse
225, 70567 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BECKER, Wolfgang**

[DE/DE]; Ringstrasse 122/2, 89081 Ulm (DE). **BÜHLER, Jens** [DE/DE]; Filderhauptstrasse 81, 70599 Stuttgart (DE). **GOTH, Klaus** [DE/DE]; Föhrenbühlstrasse 131, 71067 Sindelfingen (DE). **PÄLMER, Mike** [DE/DE]; Untere Hofstättgasse 1, 71263 Weil der Stadt (DE). **REINIGER, Claus-Dieter** [DE/DE]; Sonnenrain 17, 73630 Remshalden 4 (DE). **ZAUNER, Daniel** [AT/DE]; Dorfweise 5, 89177 Ballendorf (DE).

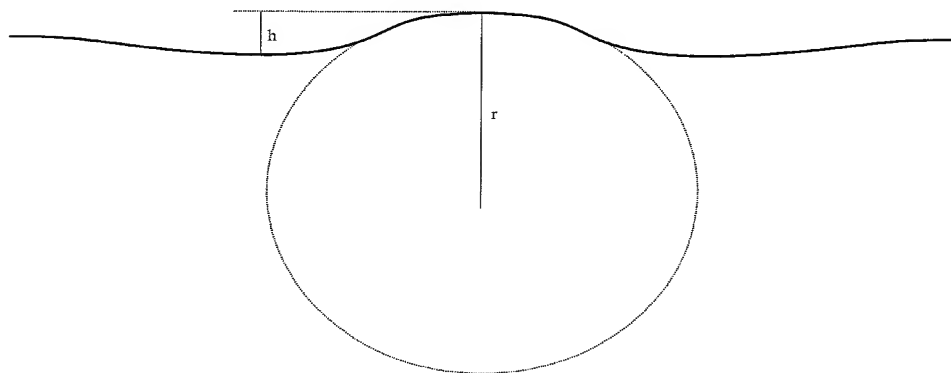
(74) Gemeinsamer Vertreter: **DAIMLERCHRYSLER AG**;
Intellectual Property Management, HPC U800, Wilhelm-
Runge-Strasse 11, 89081 Ulm (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MODIFYING THE TOPOGRAPHY OF COATED SHEET METAL USING A LASER BEAM AND COATED SHEET METAL WITH A TOPOGRAPHICAL MODIFICATION OF THIS TYPE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR TOPOGRAPHIEÄNDERUNG MIT LASERSTRAHL VON BESCHICHTETEN BLECHEN UND BESCHICHTETES BLECH MIT EINER TOPOGRAPHIEÄNDERUNG



(57) Abstract: In many cases, the coating material of coated sheet metal has a significantly lower boiling point than the sheet metal material. Thus an explosive evaporation of coating material can occur when sheet metal of this type is joined by welding, negatively affecting the quality of the connection. To improve the connection quality, narrow gaps are created by means of spacers, allowing the evaporating coating material to escape into said gaps. The spacers are created e.g. by the laser bombardment of the sheet metal. The aim of the invention is to reduce the deviations in distance between the sheet metal sheets by the appropriate shaping of the spacers. This is achieved by a method, in which the laser beam executes a displacement comprising transversal and longitudinal components through and/or around the centre of its processing surface. This creates a topographical modification with a spherical form, i.e. with an apex radius that is greater than the height of said topographical modification.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/075141 A1



PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) **Zusammenfassung:** Bei vielen beschichteten Blechen weist das Beschichtungsmaterial einen deutlich niedrigeren Siedepunkt auf als das Material des Bleches. Dadurch kommt es beim Zusammenschweißen derartiger Bleche zu explosionsartigen Verdampfungen von Beschichtungsmaterial, welche die Qualität der Verbindung stark beeinträchtigen. Zur Verbesserung der Verbindungsqualität wurde bereits vorgeschlagen mittels Abstandhaltern enge Spalten zwischen den Blechen zu erzeugen, in die das verdampfende Beschichtungsmaterial entweichen kann. Die Abstandhalter sollen z.B. durch Laserbeschuss der Bleche erzeugt werden. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, die Abweichungen im Blechabstand durch geeignete Formgebung der Abstandhalter zu senken. Die Aufgabe wird gelöst, durch ein Verfahren, bei dem der Laserstrahl durch und/oder um das Zentrum seiner Bearbeitungsfläche eine Bewegung mit transversalen und longitudinalen Komponenten ausführt. Dadurch wird eine Topographieänderung erzeugt, die ballige Form aufweist, d.h. einen Spitzenradius hat, der größer ist als die Höhe der Topographieänderung.

**VERFAHREN ZUR TOPOGRAPHIEÄNDERUNG MIT LASERSTRAHL
VON BESCHICHTETEN BLECHEN UND BESCHICHTETES BLECH
MIT
EINER TOPOGRAPHIEÄNDERUNG**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Laserbearbeitung beschichteter Bleche gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein beschichtetes Blech gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8 oder 10. Ein derartiges Verfahren und Blech sind bereits aus der DE 44 07 190 A1 bekannt.

Bei vielen beschichteten Blechen, insbesondere bei Zinkbeschichteten Blechen wie sie in der Automobilindustrie Verwendung finden, weist das Beschichtungsmaterial einen deutlich niedrigeren Siedepunkt auf als der Schmelzpunkt des Blechmaterials. Dadurch kommt es beim Laserschweißen derartiger Bleche im Überlapp-Stoß zu explosionsartigen Verdampfungen von Beschichtungsmaterial, welche die Qualität der Verbindung stark beeinträchtigen.

Zur Verbesserung der Verbindungsqualität wurde bereits vorgeschlagen, mittels Abstandhaltern enge Spalten zwischen den Blechen zu erzeugen, in die das verdampfte Beschichtungsmaterial entweichen kann. Geeignete kraterförmige Abstandhalter können gemäß der JP 11-047967 durch Laserschuß der Oberfläche erzeugt werden. Gemäß der DE 44 07 190 A1 können mit einem gepulsten Laserstrahl rändelungsartige Abstandhalter hergestellt werden. Möglichkeiten zur Beeinflussung der Geometrie der Abstandhalter werden nicht offenbart.

Nachteilig dabei ist vor allem, dass derartig erzeugte Abstandhalter verhältnismäßig spitz ausfallen. Dadurch drücken sie sich - in Abhängigkeit von den verwendeten Spannkraften - relativ leicht in das zu beabstandende Blech ein oder werden selbst deformiert, wodurch unerwünschte Abweichungen im Blechabstand auftreten. Bei dünnen Blechen kann es auch zu Abzeichnungen der Noppen auf der gegenüberliegenden Seite des zu beabstandenden Bleches kommen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, die Abweichungen im Blechabstand durch geeignete Formgebung der Abstandhalter zu senken.

Die Erfindung ist in Bezug auf das zu schaffende Verfahren und geeignete Bleche durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 8 und 10 wiedergegeben. Die weiteren Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens (Patentansprüche 2 bis 6) und Bleches (Patentanspruch 9).

Die Aufgabe wird bezüglich des zu schaffenden Verfahrens erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass auf mindestens einer Seite mindestens eines beschichteten Bleches mittels eines Lasers mindestens eine aus der Oberfläche herausragende Topographieänderung erzeugt wird, wobei der Laserstrahl die mindestens eine Topographieänderung erzeugt, indem er durch und/oder um das Zentrum seiner Bearbeitungsfläche eine Bewegung mit transversalen und longitudinalen Komponenten ausführt.

Der Vorteil dieser Ausgestaltung besteht darin, dass eine Bewegung des Laserstrahls innerhalb der Wechselwirkungszone

der Schmelze erfolgt und diese dadurch zusätzlich zu der durch die Erwärmung induzierten Durchmischung anregt oder quasi umrührt. Dies führt dazu, dass die resultierende Topographieänderung an ihrer Spitze "balliger" ausgebildet wird, d.h. einen Spitzenradius aufweist, der größer ist als die Höhe der Topographieänderung. Derartige Topographieänderungen sind besser als Abstandhalter geeignet als die vorbekannten, da sie sich aufgrund der "Balligkeit" weniger in das zu beabstandende Blech eindrücken oder selbst deformiert werden und deshalb weniger unerwünschte Abweichungen im Blechabstand auftreten. Außerdem treten auch bei dünnen Blechen keine Abzeichnungen der Topographieänderungen auf der gegenüberliegenden Seite des zu beabstandenden Bleches auf. Ferner weisen beschichtete Bleche mit den erfindungsgemäß erzeugten Topographieänderungen eine bessere Korrosionsbeständigkeit auf als solche mit nach vorbekannten Verfahren hergestellten. Einerseits drückt sich eine ballige Spitze weniger in das zu beabstandende Blech ein und beschädigt daher dessen Beschichtung weniger oder gar nicht. Andererseits ist auch die Einsenkung des Bleches, aus deren Material die herausragende Topographieänderung gebildet wird, grundsätzlich flacher ausgebildet als bei vorbekannten Verfahren und tendiert daher weniger zur Einlagerung von Feuchtigkeit (geringere Kapillaritätswirkung).

Besonders vorteilhaft wird der Laserstrahl mittels einer Scanner-Einrichtung auf die Oberfläche gelenkt. Eine Scanner-Einrichtung ist eine besonders schnelle und flexible Stahlablenk-Einrichtung, beispielsweise ein Spiegelsystem (aus mindestens einem ein- oder mehr-achsig ansteuerbaren

schwenkbaren Spiegeln) oder auch akusto-optische Modulatoren.

Der große Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber dem in JP 11-047967 vorgeschlagenen besteht darin, dass die Scanner-Einrichtung gleichmäßig relativ zur Oberfläche eines Bleches bewegt wird und dabei die Scannereinrichtung den Laserstrahl für einen kurzen Bearbeitungszeitraum auf eine Bearbeitungsfläche lenkt und dann sehr schnell auf eine andere Bearbeitungsfläche umlenkt. Hierdurch entfallen die für die Umpositionierung des Laserstrahls erforderlichen Zeiten nahezu vollständig. Somit wird eine sehr hohe Auslastung des Lasersystems ermöglicht. Im Gegensatz dazu wird bei einem konventionellem Lasersystem, wie es beispielsweise in der JP 11-047967 zur Anwendung kommt, ein Laserstrahl mittels eines starren Linsensystem auf die Bearbeitungsfläche gelenkt. Für den Übergang zu einer zweiten Bearbeitungsfläche muss das Linsensystem relativ zum Bauteil bewegt werden, währenddessen muss der Laser ausgeschaltet werden. Weiterhin sind die Lage und Anordnung der Topographieänderungen erfindungsgemäß innerhalb des Bearbeitungsbereiches des Laserscanners frei programmierbar. Im Vergleich zum starren Linsensystem muss der Laserscanner nicht über die einzelnen Topographieänderungen positioniert werden, sondern kann in vorteilhafter Weise auf einer optimierten Bahn zwischen den Topographieänderungen geführt werden. Aus diesen Unterschieden resultieren sehr unterschiedliche erforderliche Bearbeitungszeiten: Mittels eines Laserscanners ist die Erzeugung von 30 geeigneten Topographieänderungen in circa 0,3 Sekunden möglich, ein konventionelles System erfordert circa die 10-fache Bearbeitungszeit und ist darüber hinaus auch hinsichtlich der möglichen Bewegungsbahnen wesentlich eingeschränkter wäh-

rend eine Scanner-Einrichtung sämtliche erfindungsgemäßen Bewegungsbahnen leicht und extrem schnell ansteuern kann.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht mindestens ein Blech aus höherfestem Stahl. Der Begriff höherfeste Stähle bezeichnet Stähle mit einer Zugfestigkeit von mehr als 350 Mpa, insbesondere TRIP- und Dual-Phasen-Stähle (Z.B. TRIP700, DP600). Versuche zeigen, dass sich mit den bekannten Verfahren bei derartigen höherfesten Stählen überhaupt keine als Abstandhalter verwertbaren Topographieänderungen erzeugen lassen - wohl aber mit dem erfindungsgemäßen Verfahren.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Laserstrahl hinsichtlich seines Leistungs- und/oder Geschwindigkeitsprofils diskontinuierlich gesteuert, d.h. Leistung und/oder Geschwindigkeit der Strahlführung sind nicht über die gesamte Bearbeitungsdauer konstant, sondern weisen mindestens 2 unterschiedliche Werte auf. Beispielsweise wird die Leistung des Laserstrahls zu Beginn seiner Bewegung zur Erzeugung der Topographieänderung erhöht und zum Schluss wieder gesenkt. Oder die Geschwindigkeit wird in der Nähe des Bearbeitungszentrums niedriger gesteuert als in der Peripherie. Auch diese Veränderungen der Laserbearbeitung des Blechs resultieren in steuerbar unterschiedlichen Geometrien der Topographieänderungen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Laserstrahl nicht auf die Oberfläche fokussiert. Vorzugsweise befindet sich der Fokus in einer solchen Entfernung von der Oberfläche des zu bearbeitenden Bleches, dass die Bestrahlungsfläche des Lasers auf der O-

berfläche dessen Fokusfläche um mindestens 50 Prozent, besser 200 Prozent übersteigt. Eine solche flächige Erwärmung vergleichmäßig den Aufschmelzvorgang von Beschichtung und Blech und begünstigt die Ausbildung geeigneter Topographieänderungen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beschreibt der Laserstrahl bei seiner Bewegung eine Ellipse, Rosette oder Fermat-Figur. Letztere wird durch die Polargleichung (1) beschrieben:

$$r^2 = a^2 \theta, \quad r = \text{Radius}, \theta = \text{Polarwinkel}, a = \text{Konstante} \quad (1)$$

Der Vorteil einer Laserstrahlführung nach derartigen Figuren liegt in den geeigneten "balligen" Geometrien der resultierenden Topographieänderungen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugt der Laserstrahl die mindestens eine Topographieänderung auf der ihm abgewandten Seite des mindestens einen Bleches, indem er dieses Blech im Bereich seiner Bearbeitungsfläche durchgehend aufschmilzt. Hierzu ist eine geeignete Bearbeitungszeit bis zum Durchtritt vorzugeben oder auch ein Durchtrittssensor vorzusehen, der die Bearbeitungszeit regelt. Diese Ausgestaltung ermöglicht eine weitere Verfahrensbeschleunigung beim Zusammenschweißen mehrerer Bleche. Bei dem Verfahren gemäß der JP 11-047967 wird zunächst ein einzelnes Blech ausgerichtet und dann werden Topographieänderungen auf dieses Blech aufgebracht, danach wird ein weiteres Blech zugeführt und relativ zu dem ersten ausgerichtet und dann werden beide zusammengepreßt und verschweißt. Vorteilhafter ist es aber, beide Bleche gemeinsam ohne Anpressdruck auszurichten. Mangels Anpressdruck verbleibt ein für die meisten Anwendungen ausreichender Minimalspalt zwischen den Blechen,

er kann jedoch auch mittels einer geeigneten Ausrichtvorrichtung gewährleistet werden. Danach werden durch eines oder auch durch beide der Bleche Topographieänderungen gemäß dieser vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens eingebracht. Danach werden die Bleche zusammengepreßt und miteinander verschweisst. In Anbetracht der hohen Geschwindigkeit verfügbarer Scanner-Einrichtungen und der Erzeugung der Topographieänderungen bedeutet die Einsparung eines Ausrichtvorgangs eine ganz wesentliche Zeitersparnis.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mindestens ein weiteres Blech mit dem mindestens einen beschichteten Blech derart in Kontakt gebracht, daß die mindestens eine herausragende Topographieänderung die Ausbildung mindestens eines Spaltes zwischen den mindestens zwei Blechen bewirkt, und daß die mindestens zwei Bleche im Bereich des mindestens einen Spaltes miteinander verschweisst werden, derart, daß dabei auftretende Verdampfungsprodukte in den mindestens einen Spalt entweichen können. Die Entweichmöglichkeit für die Verdampfungsprodukte gewährleistet eine wesentlich höhere Qualität der Schweißnaht.

In einer anderen vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die mindestens zwei Bleche derart miteinander verschweisst werden, daß die entstehende Schweißnaht die vorher erzeugte mindestens eine Topographieänderung zumindest teilweise überschweißt.

Jede derartige Topographieänderung stellt eine Verletzung der Beschichtung dar, da diese infolge der Laserbestrahlung verdampft und das blanke Blechmaterial zurückbleibt. Insbesondere eine Zinkbeschichtung im Automobilbau dient als Korrosi-

onsschutz. Jede Verletzung kann einen Korrosionskeim darstellen. Eine Schweißnaht stellt zwar ebenfalls eine derartige Verletzung dar, sie ist aber für die Verbindung zwingend erforderlich. Dadurch, daß die Schweißnaht über die Topographieänderungen gezogen wird und diese zumindest teilweise ersetzt, wird die Anzahl der möglichen Korrosionskeime vermindert und damit das Korrosionsrisiko gemindert. Für eine nachfolgende Korrosionsschutzbehandlung, insbesondere Galvanisierung, ist die Form der Topographieänderungen wesentlich: Erfindungsgemäß bildet sich ein gleichmäßig konturierter Berg aus, gemäß der JP 11-047967 bildet sich ein Krater aus. Ein Berg weist eine geringere Oberfläche als ein aus der gleichen Materialmenge gebildeter Krater auf und somit eine geringere Angriffsfläche gegenüber Korrosion. Darüber hinaus kann ein Berg auch zwischen zwei Blechen allseitig galvanisiert werden. Ein Krater wird jedoch von dem oben liegenden Blech abgedeckt und kann innen nicht galvanisiert werden. In das Kraterinnere kann während des Zusammenfügens der Bleche Feuchtigkeit gelangen und die Topographieänderung wird zum Korrosionskeim.

Die Aufgabe wird bezüglich des zu schaffenden Bleches erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass es mindestens eine aus der Oberfläche herausragenden Topographieänderung aufweist, deren Spitzenradius größer ist als die Höhe der Topographieänderung. Dabei ist die Höhe definiert zwischen der Spitze der Topographieänderung und der tiefsten Stelle der Einsenkung des Bleches, aus deren Material die herausragende Topographieänderung erzeugt wurde.

Derartige Topographieänderungen zeigen die vorstehend beschriebenen Vorteile.

In einer anderen vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bleches weisen Spitzenradius und Höhe der Topographieänderung ein Verhältnis von mindestens 2:1 auf. Daraus resultiert eine starke "Balligkeit" und somit eine Verstärkung der genannten Vorteile.

In einer alternativen oder additiven Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bleches weist dieses ebenfalls mindestens eine aus der Oberfläche herausragende Topographieänderung auf, es besteht jedoch aus höherfestem Stahl.

Versuche haben gezeigt, dass sich mit den vorbekannten Verfahren überhaupt keine als Abstandhalter verwertbaren Topographieänderungen erzeugen lassen - wohl aber mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem der Laserstrahl bewegt wird.

Nachfolgend werden anhand von fünf Ausführungsbeispielen und der Figur das erfindungsgemäße Verfahren und Blech näher erläutert:

Die Figur zeigt schematisch und nicht maßstabsgerecht eine erfindungsgemäß hergestellte Topographieänderung, die an ihrer Spitze "ballig" ausgebildet wird, d.h. einen Spitzenradius r aufweist, der größer ist als die Höhe h der Topographieänderung. Eine Beschichtung ist auf der Figur nicht abgebildet, da diese nur den Bearbeitungsbereich des Laserstrahls zeigt, in dem die Beschichtung bei der Herstellung der Topographieänderung verdampft ist.

In einem ersten Ausführungsbeispiel wird ein elektrolytisch verzinktes Stahl-Blech mit einer Dicke von 0,8 mm ausgerich-

tet, eine Scanner-Einrichtung wird gleichmäßig darüber verfahren und lenkt einen Laserstrahl nacheinander auf mehrere Bearbeitungsflächen. Die Scanner-Einrichtung besteht aus einem zwei-dimensional schwenkbaren computer-gesteuerten Spiegelsystem. Die Scannereinrichtung weist circa 320 mm Abstand zur Oberfläche des Bleches auf, der Laserfokus befindet sich circa 20 mm vor der Oberfläche. Die Scannereinrichtung führt den Laserstrahl mit einer Verfahrgeschwindigkeit von 1,25 m/min zu einer Bearbeitungsfläche. Auf den letzten Mikrometern vor Erreichen der eigentlichen Bearbeitungsfläche wird die Laserleistung innerhalb eines Zeitraums von 5 ms auf eine Bearbeitungsleistung von 3,5 kW erhöht. Danach führt die Scannereinrichtung den Laserstrahl zur Erzeugung der Topographieänderung kreisförmig über die beschichtete Blechoberfläche. Der Kreis weist einen Durchmesser von 0,12 mm auf. Für dessen Bearbeitung werden 24 ms benötigt. Nach Durchlaufen der Kreisbahn führt die Scannereinrichtung den Laserstrahl zur nächsten Bearbeitungsfläche. Nach Verlassen der eigentlichen Bearbeitungsfläche wird die Laserleistung innerhalb eines Zeitraums von 5 ms wieder auf einen vorgebbaren Wert abgesenkt. Durch die Kreisbewegung des Laserstrahls innerhalb der Wechselwirkungszone der Schmelze, d.h. eine Bewegung mit lateralen und longitudinalen Komponenten, wird die Schmelze zusätzlich zu der durch die Erwärmung induzierten Durchmischung angeregt oder quasi umgerührt. Dies führt dazu, dass die resultierende Topographieänderung an ihrer Spitze "balliger" ausgebildet wird, d.h. einen Spitzenradius aufweist, der größer ist als die Höhe (140 μm) der Topographieänderung. Dies wird durch die Defokussierung des Laserstrahls unterstützt, da dadurch die Erwärmung der Bearbeitungsfläche flächiger und gleichmäßiger erfolgt. Daraus resultiert eine

gleichmäßigere Verdampfung der Beschichtung und die Ausbildung einer Topographieänderung in Form eines gleichmäßig konturierten Berges in einer flachen Einsenkung des Bleches. Nach Erzeugung der benötigten Anzahl von Topographieänderungen wird ein zweites Blech zugeführt und ausgerichtet und danach werden beide zusammengepreßt und miteinander verschweißt.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel werden Bleche desselben Materials mit einer Dicke von 1,2 mm verwendet. Bei derartigen Blechen ist ein breiterer Abstand zwischen zwei Blechen bis zu 0,3 mm für die Ausbildung einer guten Schweissnaht zulässig. Diese Bleche sollen nach dem Verschweissen einer kathodischen Tauchlackierung unterzogen werden. Dazu ist ein Mindestabstand von 0,2 mm erforderlich. Deshalb werden einige der vorgenannten Laserparameter geändert: Der Kreisdurchmesser beträgt 0,11 mm, die Verfahrensgeschwindigkeit des Laserstrahls 0,7 m/min, Die Bearbeitungszeit erhöht sich auf 36 ms. Daraus resultiert eine Topographieänderung mit einer Höhe von 220 µm, die 200 µm über das Blech herausragt und so den gewünschten Abstand einstellt.

In einem dritten Ausführungsbeispiel werden zwei elektrolytisch verzinkte Stahl-Bleche mit einer Dicke von 1,2 mm übereinander beabstandet ausgerichtet. Der Laserstrahl weist eine Leistung von 3,5 kW und eine Verfahrensgeschwindigkeit von 7 m/min auf. Der Laserstrahl wird von der Scanner-Einrichtung derart geführt, dass er um und durch das Zentrum seiner Bearbeitungsfläche eine enger werdende Spirale mit einem Anfangsdurchmesser von 1,2 mm beschreibt, wobei er das Zentrum nach 5 Umdrehungen erreicht. Dazu benötigt er eine Bearbeitungs-

zeit von 100 ms. Durch die spiralförmige Bewegung von außen nach innen erfolgt eine gleichmäßigere Ausbildung der Topographieänderung auf der Laser-abgewandten Seite des Bleches in Form eines gleichmäßig konturierten Berges. Nach Erzeugung der benötigten Anzahl von Topographieänderungen werden beide Bleche zusammengepreßt und miteinander verschweißt. Dabei wird die Schweißnaht zumindest über einige der Topographieänderungen geführt.

Bei 1,5 mm dicken Blechen ist ein größerer Spiralradius von 1,6 mm erforderlich, für dessen Durchlauf bis zum Zentrum 7 Umdrehungen erforderlich sind. Dadurch erhöht sich die Bearbeitungszeit auf 160 ms pro Topographieänderung auf der auf der Laser-abgewandten Seite des Bleches.

In einem fünften Ausführungsbeispiel wird ein elektrolytisch verzinktes TRIP700-Stahl-Blech mit einer Dicke von 1,0 mm ausgerichtet, eine Scanner-Einrichtung wird gleichmäßig darüber verfahren und lenkt einen Laserstrahl nacheinander auf mehrere Bearbeitungsflächen. Die Scannereinrichtung weist circa 300 mm Abstand zur Oberfläche des Bleches auf, der Laserfokus befindet sich auf der Oberfläche. Die Scannereinrichtung führt den Laserstrahl mit einer Verfahrgeschwindigkeit von 8 m/min zu einer Bearbeitungsfläche. Auf den letzten Mikrometern vor Erreichen der eigentlichen Bearbeitungsfläche wird die Laserleistung innerhalb eines Zeitraums von 5 ms von einer Grundleistung von 1,9 kW auf eine Bearbeitungsleistung von 2,2 kW erhöht. Danach führt die Scannereinrichtung den Laserstrahl zur Erzeugung der Topographieänderung kreisförmig über die beschichtete Blechoberfläche. Der Kreis weist einen Durchmesser von 1,8 mm auf. Für dessen Bearbeitung werden 70 ms benötigt. Nach Durchlaufen der Kreisbahn führt die Scan-

nereinrichtung den Laserstrahl zur nächsten Bearbeitungsfläche. Nach Verlassen der eigentlichen Bearbeitungsfläche wird die Laserleistung innerhalb eines Zeitraums von 5 ms wieder auf einen vorgebbaren Wert abgesenkt. Durch die Kreisbewegung des Laserstrahls innerhalb der Wechselwirkungszone der Schmelze, d.h. eine Bewegung mit lateralen und longitudinalen Komponenten, wird die Schmelze zusätzlich zu der durch die Erwärmung induzierten Durchmischung angeregt oder quasi umgerührt. Dies führt bei diesem höherfestem TRIP700-Stahl-Blech dazu, dass sich eine kraterförmige Topographieänderung ausbildet, deren "ballige" Wände als Abstandhalter fungieren. Nach Erzeugung der benötigten Anzahl von Topographieänderungen wird ein zweites TRIP-Stahl-Blech zugeführt und ausgerichtet und danach werden beide zusammengepreßt und miteinander verschweißt.

Das erfindungsgemäße Verfahren erweist sich in den Ausführungsformen der vorstehend beschriebenen Beispiele als besonders geeignet für das Laserschweißen beschichteter Bleche, insbesondere aus höherfestem Stahl, in der Automobilindustrie.

Insbesondere können so erhebliche Vorteile bezüglich der Bearbeitungszeit erzielt werden. Aber auch der Korrossionsschutz kann durch die verbesserte Form der Topographieänderungen und durch die Führung der Schweißnaht über zumindest einen Teil der Topographieänderungen verbessert werden.

Die Erfindung ist nicht nur auf die zuvor geschilderten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern vielmehr auf weitere übertragbar.

So ist zum Beispiel denkbar, dass die Scanner-Einrichtung anstatt durch ein Spiegelsystem durch akusto-optische Modulatoren auszubilden. Ferner ist es möglich statt den Laserscanner über die Bauteiloberfläche zu führen, die Bauteile unter einem ortsfesten Scanner zu bewegen. Gegebenenfalls können Scanner und Bauteil eine gegenseitig koordinierte Bewegung vollführen.

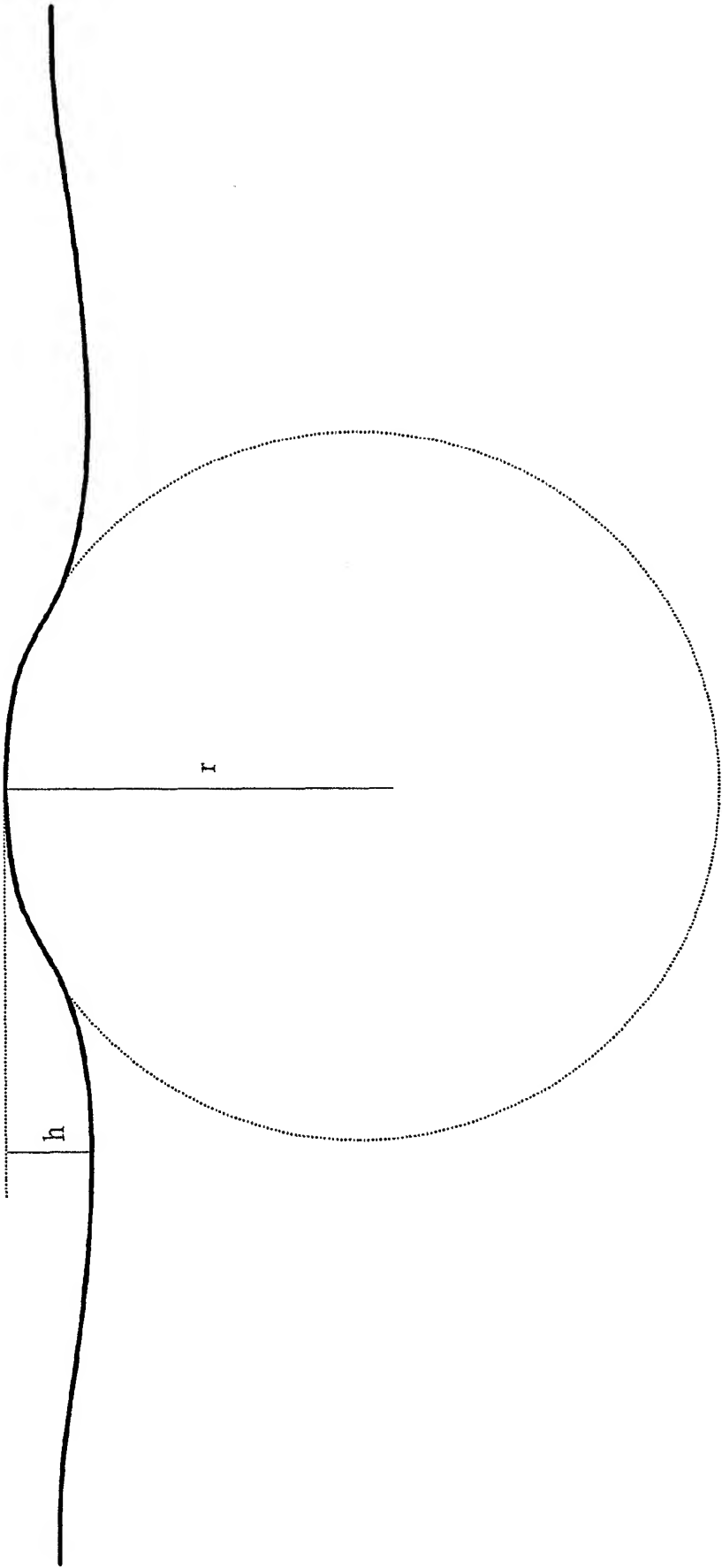
Auch der Abstand der Scanner-Einrichtung vom Blech und der Grad der Defokussierung oder die genannten Bewegungsmuster sind nicht zwingend und können bei Bedarf, beispielsweise an die Laserleistung oder auch an das Material von Blech und/oder Beschichtung, angepasst werden. Zusätzlich kann es vorteilhaft sein, die Laserleistung während der Bestrahlung in geeigneter Weise zu variieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Laserbearbeitung beschichteter Bleche,
bei dem auf mindestens einer Seite mindestens eines Bleches mittels des Lasers mindestens eine aus der Oberfläche herausragende Topographieänderung erzeugt wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Laserstrahl die mindestens eine Topographieänderung erzeugt, indem er durch und/oder um das Zentrum seiner Bearbeitungsfläche eine Bewegung mit transversalen und longitudinalen Komponenten ausführt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass mindestens ein Blech aus höherfestem Stahl besteht
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Laserstrahl hinsichtlich seines Leistungs- und/oder Geschwindigkeitsprofils diskontinuierlich gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Laserstrahl nicht auf die Oberfläche fokussiert wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Laserstrahl bei seiner Bewegung eine Ellipse, Rosette oder Fermat-Figur beschreibt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass mindestens ein weiteres Blech mit dem mindestens einen beschichteten Blech derart in Kontakt gebracht wird, dass die mindestens eine herausragende Topographieänderung die Ausbildung mindestens eines Spaltes zwischen den mindestens zwei Blechen bewirkt, und
dass die mindestens zwei Bleche im Bereich des mindestens einen Spaltes miteinander verschweisst werden, derart, dass dabei auftretende Verdampfungsprodukte in den mindestens einen Spalt entweichen können.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die mindestens zwei Bleche derart miteinander verschweisst werden, dass die entstehende Schweissnaht die vorher erzeugte mindestens eine Topographieänderung zumindest teilweise ersetzt.
8. Beschichtetes Blech mit mindestens einer
aus der Oberfläche herausragenden Topographieänderung,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Topographieänderung einen Spitzenradius aufweist, der größer ist als die Höhe der Topographieänderung.

9. Beschichtetes Blech nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass Spitzenradius und Höhe der Topographieänderung ein
Verhältnis von mindestens 2:1 aufweisen.
10. Beschichtetes Blech mit mindestens einer
aus der Oberfläche herausragenden Topographieänderung
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Blech aus höherfestem Stahl besteht.



Figur

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/000766

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B23K26/24 B23K26/32 B23K26/42 B21B1/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K B21B C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 236 763 A (P. LUTHI ET AL) 17 August 1993 (1993-08-17) column 5, line 49 - column 6, line 31	1,3,8,9
A	column 7, lines 23-40; claim 1; figures 4a-b; example 1	2,4,5,10
X	WO 99/08829 A (POWERLASERS LTD ; H.P. GU) 25 February 1999 (1999-02-25)	8,9
A	page 4, lines 19-25; figure 2	10
X	DE 44 07 190 A1 (THYSSEN LASER-TECHNIK GMBH) 7 September 1995 (1995-09-07)	8,9
Y	cited in the application figure 3	10
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 June 2005

Date of mailing of the international search report

30/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jeggy, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/000766

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 05, 31 May 1999 (1999-05-31) -& JP 11 047967 A (NEC CORP), 23 February 1999 (1999-02-23) cited in the application	8
Y	abstract	1-3, 5-7
Y	----- US 6 670 571 B2 (B.G.I. DANCE) 30 December 2003 (2003-12-30) column 1, line 3 - column 2, line 39	1-3, 5-7
A	column 3, line 66 - column 4, line 47 column 5, lines 44-46; figures 1a-h	4
Y	----- US 2003/230559 A1 (F. BRIAND ET AL) 18 December 2003 (2003-12-18) paragraphs '0027!, '0032!, '0037!; claims 1,7,9	2,10
A	----- US 6 048 255 A (KUO ET AL) 11 April 2000 (2000-04-11) column 7, lines 7-25 column 9, lines 32-53; figures 4-8	1,4,8,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP2005/000766

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5236763	A	17-08-1993	US 5143578 A	01-09-1992
			AU 638916 B2	08-07-1993
			AU 8160891 A	13-02-1992
			CA 2048443 A1	09-02-1992
			DE 69113924 D1	23-11-1995
			DE 69113924 T2	15-05-1996
			EP 0472049 A2	26-02-1992
			ES 2078399 T3	16-12-1995
			JP 2727264 B2	11-03-1998
			JP 4231186 A	20-08-1992
WO 9908829	A	25-02-1999	CA 2209804 A1	15-02-1999
			AU 8847498 A	08-03-1999
			BR 9811906 A	15-08-2000
			WO 9908829 A1	25-02-1999
			EP 1003624 A1	31-05-2000
DE 4407190	A1	07-09-1995	AT 159881 T	15-11-1997
			WO 9523670 A1	08-09-1995
			DE 59500953 D1	11-12-1997
			EP 0748268 A1	18-12-1996
			ES 2110833 T3	16-02-1998
JP 11047967	A	23-02-1999	NONE	
US 6670571	B2	09-01-2003	BR 0209427 A	03-08-2004
			CA 2445644 A1	28-11-2002
			EP 1387734 A2	11-02-2004
			WO 02094497 A2	28-11-2002
			GB 2375728 A ,B	27-11-2002
			JP 2004520942 T	15-07-2004
			NO 20035106 A	17-11-2003
			TW 572803 B	21-01-2004
			US 2003006217 A1	09-01-2003
			ZA 200203966 A	19-05-2003
US 2003230559	A1	18-12-2003	FR 2840832 A1	19-12-2003
			CA 2429853 A1	14-12-2003
			EP 1371446 A1	17-12-2003
			JP 2004017159 A	22-01-2004
US 6048255	A	11-04-2000	WO 9707931 A1	06-03-1997
			EP 1271484 A2	02-01-2003
			EP 0853528 A1	22-07-1998
			JP 11500851 T	19-01-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/000766

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B23K26/24 B23K26/32 B23K26/42 B21B1/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23K B21B C21D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 236 763 A (P. LUTHI ET AL) 17. August 1993 (1993-08-17)	1,3,8,9
A	Spalte 5, Zeile 49 - Spalte 6, Zeile 31 Spalte 7, Zeilen 23-40; Anspruch 1; Abbildungen 4a-b; Beispiel 1	2,4,5,10
X	WO 99/08829 A (POWERLASERS LTD ; H.P. GU) 25. Februar 1999 (1999-02-25)	8,9
A	Seite 4, Zeilen 19-25; Abbildung 2	10
X	DE 44 07 190 A1 (THYSSEN LASER-TECHNIK GMBH) 7. September 1995 (1995-09-07)	8,9
Y	in der Anmeldung erwähnt Abbildung 3	10
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Juni 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

30/06/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2230 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jeggy, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/000766

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr. 05, 31. Mai 1999 (1999-05-31) -& JP 11 047967 A (NEC CORP), 23. Februar 1999 (1999-02-23) in der Anmeldung erwähnt	8
Y	Zusammenfassung -----	1-3,5-7
Y	US 6 670 571 B2 (B.G.I. DANCE) 30. Dezember 2003 (2003-12-30) Spalte 1, Zeile 3 - Spalte 2, Zeile 39	1-3,5-7
A	Spalte 3, Zeile 66 - Spalte 4, Zeile 47 Spalte 5, Zeilen 44-46; Abbildungen 1a-h -----	4
Y	US 2003/230559 A1 (F. BRIAND ET AL) 18. Dezember 2003 (2003-12-18) Absätze '0027!, '0032!, '0037!; Ansprüche 1,7,9 -----	2,10
A	US 6 048 255 A (KUO ET AL) 11. April 2000 (2000-04-11) Spalte 7, Zeilen 7-25 Spalte 9, Zeilen 32-53; Abbildungen 4-8 -----	1,4,8,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/000766

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5236763	A	17-08-1993	US	5143578 A	01-09-1992
			AU	638916 B2	08-07-1993
			AU	8160891 A	13-02-1992
			CA	2048443 A1	09-02-1992
			DE	69113924 D1	23-11-1995
			DE	69113924 T2	15-05-1996
			EP	0472049 A2	26-02-1992
			ES	2078399 T3	16-12-1995
			JP	2727264 B2	11-03-1998
			JP	4231186 A	20-08-1992
WO 9908829	A	25-02-1999	CA	2209804 A1	15-02-1999
			AU	8847498 A	08-03-1999
			BR	9811906 A	15-08-2000
			WO	9908829 A1	25-02-1999
			EP	1003624 A1	31-05-2000
DE 4407190	A1	07-09-1995	AT	159881 T	15-11-1997
			WO	9523670 A1	08-09-1995
			DE	59500953 D1	11-12-1997
			EP	0748268 A1	18-12-1996
			ES	2110833 T3	16-02-1998
JP 11047967	A	23-02-1999	KEINE		
US 6670571	B2	09-01-2003	BR	0209427 A	03-08-2004
			CA	2445644 A1	28-11-2002
			EP	1387734 A2	11-02-2004
			WO	02094497 A2	28-11-2002
			GB	2375728 A ,B	27-11-2002
			JP	2004520942 T	15-07-2004
			NO	20035106 A	17-11-2003
			TW	572803 B	21-01-2004
			US	2003006217 A1	09-01-2003
			ZA	200203966 A	19-05-2003
US 2003230559	A1	18-12-2003	FR	2840832 A1	19-12-2003
			CA	2429853 A1	14-12-2003
			EP	1371446 A1	17-12-2003
			JP	2004017159 A	22-01-2004
US 6048255	A	11-04-2000	WO	9707931 A1	06-03-1997
			EP	1271484 A2	02-01-2003
			EP	0853528 A1	22-07-1998
			JP	11500851 T	19-01-1999